

# Pemodelan Sistem Distribusi Radial untuk Studi Aliran Daya Harmonisa Tiga Fasa

Akhmad Danyal, Ontoseno Penangsang, dan Dimas Anton Asfani,  
Jurusan Teknik Elektro – Fakultas Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Kampus ITS, Keputih - Sukolilo Surabaya – 60111  
E-mail: ontosenop@ee.its.ac.id

**Abstrak-** Penyebaran harmonisa dalam suatu sistem distribusi energi listrik dapat menimbulkan rugi-rugi dalam penyaluran energi listrik dan juga menyebabkan kerusakan pada peralatan listrik. Salah satu penyebab munculnya distorsi harmonisa dalam sistem distribusi adalah beban nonlinier. Dengan meninjau akibat yang ditimbulkan dari penyebaran harmonisa, maka diperlukan suatu metode untuk memodelkan sistem distribusi dan menganalisa penyebaran harmonisa dalam sistem sistem distribusi, sehingga besar dan lokasi harmonisa dapat diketahui. Metode *forward-backward* adalah salah satu metode yang dapat digunakan untuk melakukan studi aliran daya harmonisa dalam sistem distribusi khususnya sistem distribusi radial. Metode ini memanfaatkan vektor dalam bentuk matrik untuk mengetahui aliran arus injeksi dalam saluran distribusi dan juga matrik dari impedansi saluran yang digunakan untuk perhitungan tegangan harmonisa di tiap bus. Metode *forward-backward* dapat digunakan untuk studi aliran daya harmonisa sistem distribusi satu fasa, tiga fasa seimbang, dan tiga fasa tak seimbang. Dari hasil pengujian sistem distribusi 20 bus tiga fasa seimbang dengan *software* ETAP sebagai pembanding, untuk pemasangan satu beban nonlinier didapatkan nilai error terbesar yaitu 5,93%, sedangkan untuk pemasangan beban nonlinier pada semua bus beban nilai error terbesar adalah 7,70%.

**Kata kunci :** Jaringan distribusi radial, harmonisa, *forward-backward*

## I. PENDAHULUAN

**P**ALAH satu komponen utama dalam sistem pembangkitan energi listrik adalah jaringan distribusi, RDS (*Radial Distribution System*) adalah sistem distribusi yang paling banyak digunakan karena memiliki bentuk yang sederhana dan juga biaya investasi yang murah. Terlepas dari kelebihan yang dimiliki jaringan RDS, sistem distribusi ini sangat rentan terhadap penyebaran harmonisa yang disebabkan adanya beban-beban nonlinier yang terhubung pada jaringan distribusi radial.

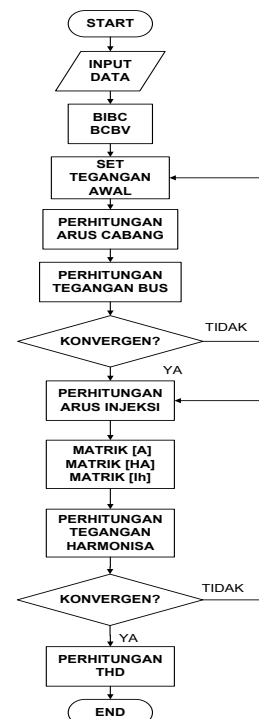
Penggunaan beban nonlinier dalam kehidupan semakin meningkat dikarenakan tingkat efisiensinya yang tinggi, namun beban nonlinier adalah sumber dari penyebaran harmonisa dalam sistem distribusi, penyebaran harmonisa tersebut dapat meningkatkan rugi-rugi dalam jaringan distribusi dan juga kerusakan peralatan distribusi [1]. Dengan meninjau efek yang disebabkan oleh adanya harmonisa dalam suatu sistem distribusi radial, maka perlu dilakukan analisa harmonisa dalam suatu sistem distribusi untuk mengetahui distorsi harmonisa dari beban nonlinier dan penyebaran harmonisa yang ditimbulkan dalam suatu sistem distribusi.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk melakukan analisa harmonisa dalam sistem distribusi khususnya sistem distribusi radial, yaitu dengan menggunakan metode *forward-backward sweep* [1]. dengan menggunakan metode tersebut besarnya tegangan dan juga arus harmonisa dalam suatu sistem distribusi dapat dihitung.

## II. HASIL DAN ANALISIS

### A. Simulasi Sistem Distribusi 3 Fasa Seimbang.

Untuk simulasi kondisi seimbang akan dilakukan pengujian tingkat akurasi metode *forward-backward* dengan analisa harmonisa dari *software* ETAP, karena untuk sistem tiga fasa seimbang dapat dianalisa dengan menganggap sistem adalah sistem satu fasa. Pengujian dilakukan dengan mengubah jumlah beban nonlinier yang terpasang pada bus sistem distribusi.

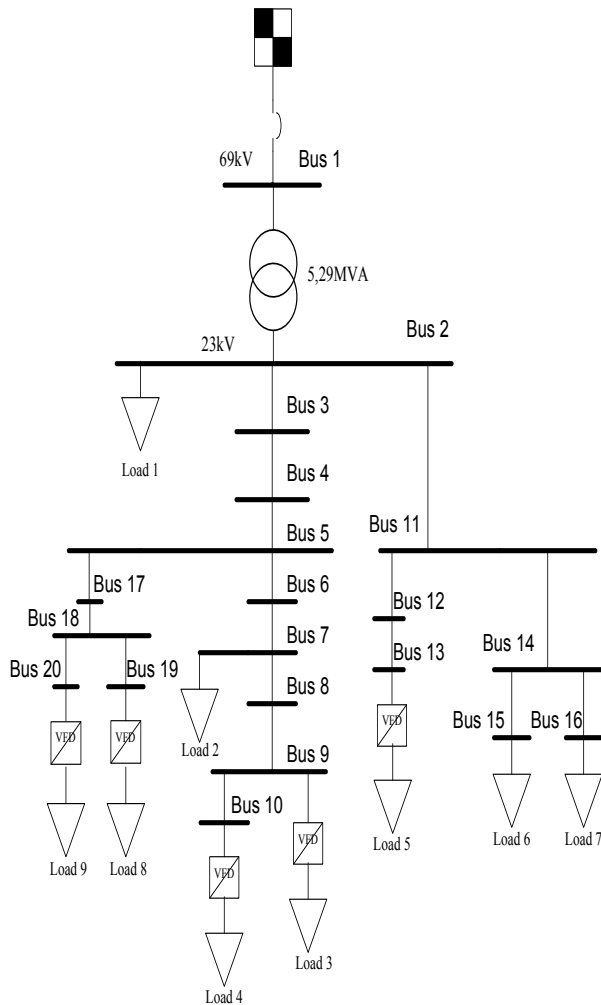


Gambar. 1. Flowchart analisa harmonisa metode *forward-backward*

Tabel 1 merepresentasikan hasil dari simulasi dan pengujian metode *forward-backward* untuk sistem tiga fasa seimbang.

Hasil simulasi untuk sistem 20 bus tiga fasa seimbang dengan menggunakan metode *forward-backward* dapat dianalisa sebagai sistem satu fasa, sehingga hasil yang

didapatkan dapat dibandingkan dengan analisa harmonisa menggunakan *software* ETAP.



Gambar. 2. Jaringan distribusi radial 20 bus

Tabel 1.

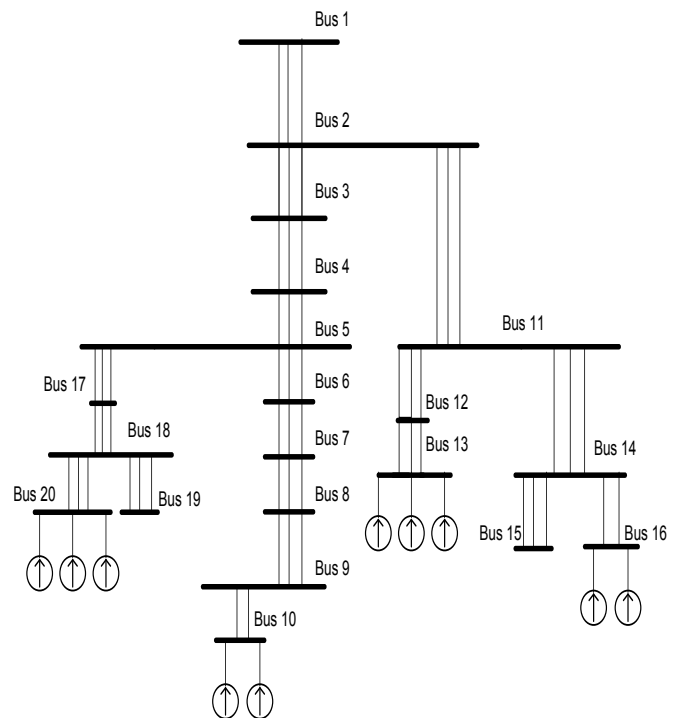
Hasil simulasi sistem tiga fasa seimbang dengan 1 VFD pada bus 10

Bus	%THDv Forward-Backward			%THDv Newton-Raphson	Error(%)
	Fasa A	Fasa B	Fasa C		
2	0.687	0.687	0.687	0.72	4.60
3	0.699	0.699	0.699	0.74	5.54
4	0.982	0.982	0.982	0.98	0.20
5	1.269	1.269	1.269	1.22	4.00
6	1.557	1.557	1.557	1.47	5.93
7	1.574	1.574	1.574	1.49	5.62
8	1.590	1.590	1.590	1.51	5.28
9	1.607	1.607	1.607	1.53	5.00
10	1.623	1.623	1.623	1.54	5.39
11	0.688	0.688	0.688	0.72	4.47
12	0.688	0.688	0.688	0.72	4.43
13	0.689	0.689	0.689	0.72	4.25
14	0.690	0.690	0.690	0.72	4.18
15	0.691	0.691	0.691	0.72	4.00
16	0.691	0.691	0.691	0.72	4.07

17	1.270	1.270	1.270	1.22	4.06
18	1.270	1.270	1.270	1.22	4.12
19	1.271	1.271	1.271	1.22	4.16
20	1.271	1.271	1.271	1.22	4.16

Tabel 2.  
Hasil simulasi sistem tiga fasa seimbang dengan 9 VFD pada semua bus beban

Bus	%THDv Forward-Backward			%THDv Newton-Raphson	Error(%)
	Fasa A	Fasa B	Fasa C		
2	2.771	2.771	2.771	2.96	6.39
3	2.804	2.804	2.804	2.99	6.23
4	3.527	3.527	3.527	3.61	2.30
5	4.260	4.260	4.260	4.23	0.71
6	4.839	4.839	4.839	4.73	2.31
7	4.874	4.874	4.874	4.76	2.40
8	4.899	4.899	4.899	4.78	2.49
9	4.924	4.924	4.924	4.81	2.37
10	4.943	4.943	4.943	4.83	2.34
11	2.787	2.787	2.787	2.97	6.18
12	2.793	2.793	2.793	2.98	6.29
13	3.018	3.018	3.018	3.18	5.10
14	3.153	3.153	3.153	3.29	4.17
15	3.518	3.518	3.518	3.49	0.81
16	3.157	3.157	3.157	3.42	7.70
17	4.269	4.269	4.269	4.24	0.69
18	4.278	4.278	4.278	4.25	0.67
19	4.286	4.286	4.286	4.26	0.62
20	4.280	4.280	4.280	4.26	0.46



Gambar. 3. Jaringan distribusi 20 bus tiga fasa tak seimbang

Tabel 3.  
Hasil simulasi sistem tiga fasa tak seimbang

Bus	%THDv Forward-backward		
	Fasa A	Fasa B	Fasa C
2	1.461	1.126	0.751
3	1.478	1.138	0.757
4	1.832	1.409	0.890
5	2.192	1.683	1.023
6	2.492	1.956	1.158
7	2.509	1.970	1.165
8	2.526	1.983	1.173
9	2.543	1.997	1.180
10	2.560	0.000	1.187
11	1.472	1.134	0.758
12	1.478	1.139	0.761
13	1.732	1.332	0.899
14	1.644	1.270	0.921
15	1.816	1.405	1.085
16	1.646	1.272	0.000
17	2.195	1.684	1.024
18	2.199	1.685	1.024
19	2.202	1.686	1.025
20	2.200	1.686	1.025

Pada Tabel 1, pemasangan satu buah VFD pada bus 10, didapatkan nilai error terbesar adalah 5,93%, sedangkan pada tabel 2 untuk pemasangan VFD pada semua bus beban, didapatkan nilai error terbesar adalah 7,70%.

Dari hasil simulasi tersebut, dapat diketahui bahwa semakin banyak jumlah VFD yang dipasang dalam sistem distribusi, maka akan didapatkan nilai error yang juga semakin besar yaitu sebesar 7,70%.

#### B. Simulasi Sistem Distribusi 3 Fasa Tidak Seimbang

Untuk simulasi sistem distribusi tidak seimbang, data yang digunakan adalah data dari plan sistem distribusi radial 20 bus dengan mengubah nilai beban per fasa dan jumlah saluran menjadi kondisi yang tidak seimbang, hal ini dilakukan untuk menguji metode *forward-backward* untuk studi aliran daya harmonisa untuk sistem distribusi radial dalam kondisi yang tidak seimbang.

Pada jaringan distribusi Gambar 6 terdapat dua bus yang mendapatkan suplai hanya dari dua saluran atau dua fasa, bus 10 fasa A dan fasa C, bus 16 fasa A dan fasa B, sehingga beban nonlinier yang terpasang pada bus tersebut adalah dua fasa. Gambar 6 dalah hasil dari simulasi dan pengujian metode *forward-backward* untuk sistem tiga fasa tak seimbang.

Hasil simulasi untuk sistem distribusi Gambar 6 menunjukkan bahwa pada bus 10 dan bus 16 menghasilkan nilai %THDv hanya untuk dua fasa, untuk bus 10 nilai %THDv fasa B adalah 0% dan untuk bus 16 nilai %THDv fasa C adalah 0%.

### III. KESIMPULAN

Paper ini membahas tentang studi aliran daya harmonisa untuk jaringan distribusi radial tiga fasa kondisi seimbang dan kondisi tidak seimbang. Metode yang digunakan untuk analisa harmonisa dalam paper ini adalah metode *forward-backward*. Simulasi dan pengujian dilakukan untuk menguji kemampuan metode *forward-backward* untuk studi aliran daya harmonisa sistem distribusi radial. Hasil pengujian menunjukkan bahwa metode ini dapat digunakan untuk menganalisa harmonisa dalam sistem distribusi radial tiga fasa seimbang maupun sistem distribusi radial tiga fasa yang tidak seimbang.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Jen-Hao Teng, and Chuo-Yean Chang, "Backward/Forward Sweep Based Harmonic Analysis Method for Distribution System", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol.22, No. 3, 2007.